

홍익대학교 자동제어 실험실의 연구 및 교육 내용 소개

조 승 호
S. H. Cho

1. 서 언

홍익대학교는 대학캠퍼스가 크게 서울, 충청남도 조치원 그리고 경기도 화성에 나누어 분포되어 있다. 공과대학은 서울특별시 마포구 상수동에 위치하고 있으며, 지금은 서울 도심에 속하는 와우산기슭에 공대건물과 부속 건물이 놓여있다. 종합대학으로서 특히 미술대학은 역사와 전통을 자랑하고 있으며, 학생 교육에서 궁극적으로 “예술과 산업의 만남”을 지향하면서 “산학일체” 원칙을 중시하고 있다. 그 가운데에서 공과대학에 대한 기대와 책임이 크다. 여기에서 소개하는 자동제어실험실은 공과대학 기계·시스템디자인공학과에 소속되어 있다. 참고로 학과 내 주요 실험실, 교수 수 그리고 학생수 등에 대하여 기술하면 다음과 같다.

주요 실험실

- CAD실험실
- 소음진동실험실
- 응용역학실험실
- 냉동공조실험실
- 열유동제어실험실
- 생체공학실험실
- 트라이볼로지실험실
- 자동제어실험실
- Robotics 실험실

교수수 : 20명,

학생수 : 학부 750명, 대학원 30명

자동제어실험실은 1981년도에 시작되어 그동안 박사 2명, 석사 35명의 졸업생을 배출하였다. 이들은 국책연구소, 산업체 등에서 자동회분야의 핵심엔지니어로서 활약하고 있다.

연락 책임자 : 교수 조 승 호
 소 속 : 홍익대학교 기계·시스템디자인공학과
 주 소 : 121-791 서울시 마포구 상수동72-1
 전 화 : 02-320-1682
 E-mail : shcho@wow.hongik.ac.kr
 Homepage : <http://huniv.hongik.ac.kr/~shcho/>

어로서 활약하고 있다.

2. 연구 및 교육 시설

자동제어실험실의 주요 연구/교육시설 가운데 대표적인 것들을 나열하면 다음과 같다.

- 공압 NC축 제어시스템
- 공압회로 특성 실험장치
- 유압서보 실린더 실험장치
- 유압서보 모터 실험장치
- 유연로봇 Arm 실험장치
- PLC 구성장치
- LabView/NI Elvis 실험장치

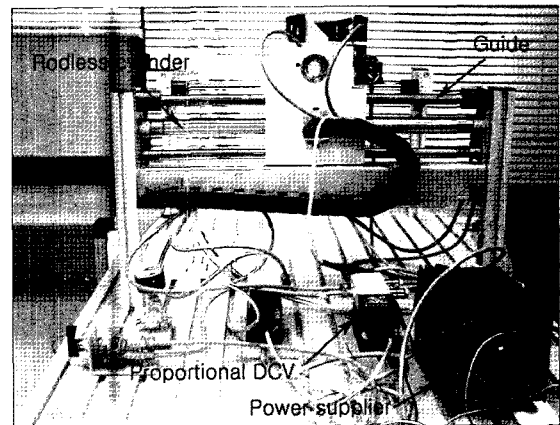


그림 1 공압 NC축 제어시스템

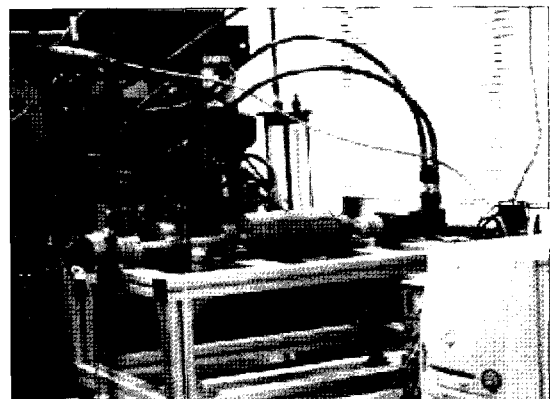


그림 2 유압서보 모터 실험장치

3. 교 육

자동제어분야의 교육은 3학년 2학기에 “자동제어” 과목을 통하여 이루어진다. 수강 학생수는 대략 100명 정도이다. 또한 유공압 분야에 관한 교육은 4학년 1학기에 “유압시스템설계” 과목을 통하여 주로 이루어진다. 수강학생수는 대략 60명 정도이다. 기본이론과 예제연습을 통하여 기초실력을 연마한 후 상용소프트웨어(LabView, Matlab, ITI Simulation X)를 사용하여 실제 시스템 설계능력을 배양한다.

4. 연 구

4.1 연구의 개요

홍익대학교 기계·시스템디자인공학과에 소속된 자동제어실험실에서는 유공압·메카트로닉스 분야의 연구를 주로 수행하고 있다. 세부 연구내용을 소개하면 다음과 같다.

4.2 주요 연구과제 소개

(1) 공압시스템 제어에 신경회로망의 응용연구

공압 서보시스템은 대기의 온도와 습도, 부하등 플랜트 주위 환경의 영향으로 작동특성이 변화하기 쉽다. 더욱이 공기의 압축성에 기인한 저장성과 압력응답 지연, 가동부의 마찰력변동 등, 시스템 제어성에 악영향을 미치는 비선형인자가 내재되어 있어, 선형제어만으로는 양호한 성능을 보장하기 어렵다. 최근 로봇틱스, 메카트로닉스의 현저한 발전 가운데 공압시스템의 고기능화, 고성능화가 요망되어, 각종 제어방식이 개발되었다. 신경회로망은 모든 종류의 비선형 요소를 맵핑(mapping)할 수 있는 능력이 있으므로 시스템의 모델링과 검증, 고장 파악, 제어 등에서 활발하게 이용되고 있다. 본 연구에서는 부하가 가해진 상태에서 비례제어밸브의 유량특성을 구하여 플랜트에 내재된 비선형성 정도를 나타내었다. 아울러 신경회로망의 연산부담을 줄이기 위하여 간략화된 플랜트 모델식에 기초하여 기준모델 적응제어 시스템을 설계하였다. 그리고 플랜트에 내재된 비선형성들을 보상하기 위하여 신경회로망을 결합하였다. 기준모델 적응제어의 내재된 비선형성에 대한 강인성을 증가시키기 위하여 신경회로망을 결합시킨 다음, 실험을 통하여 기준모델 적응제어와 신경회로망을 결합한 기준모델 적응제어의 성능을 비교하였다.

공압 NC축을 제어대상 플랜트로 설정하고, 자동 계수조정 알고리즘에 의해 구해진 PID제어기와 여기에 신경회로망을 결합시킨 PID-NN제어기의 성능을 비교 검토하였다. 타원형 모양의 궤적을 추적하는 실험을 수행한 결과, PID제어의 경우 XY축 시간응답에서 입출력신호 사이에 정상상태 오차가 크게 나타나며, 결국 원하는 도형의 궤적추적성능이 크게 떨어지게 나타났다. 반면에 PID-NN제어의 경우 XY축 시간응답에서 입출력신호 사이에 정상상태 오차가 크게 줄어들고, 아울러 원하는 도형의 궤적 추적성능이 크게 향상되었다.

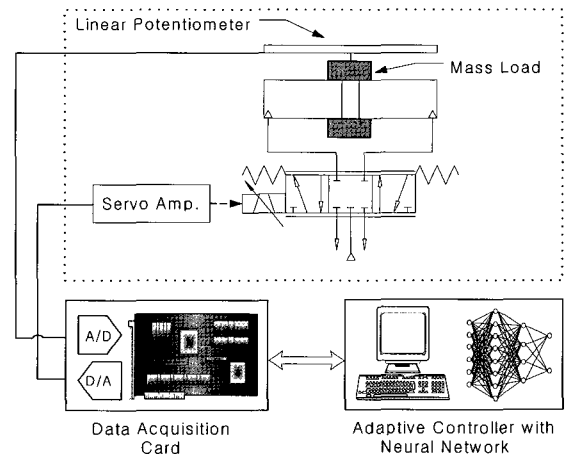
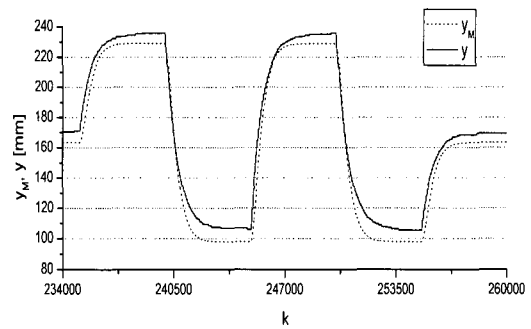
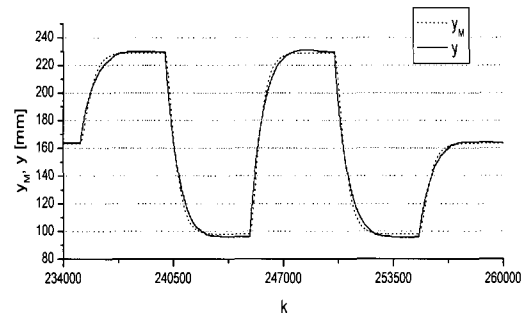


그림 3 신경회로망을 이용한 공압시스템 제어의 전체 구성도



(a) Adaptive



(b) Adaptive-NN

그림 4 신경회로망 결합형 적응제어 성능

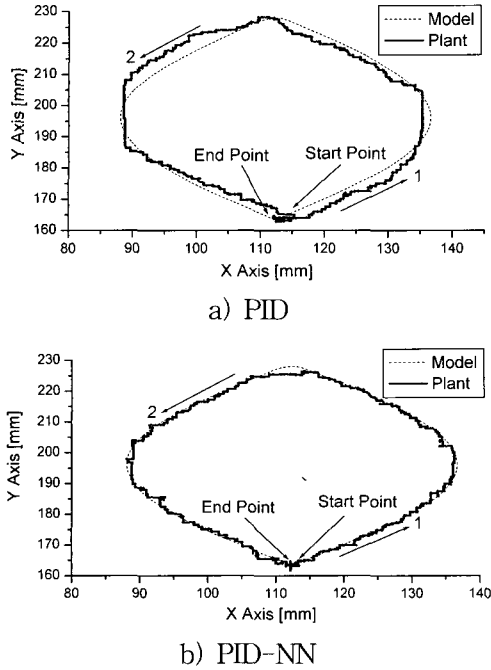


그림 5 신경회로망 결합형 PID제어 성능

(2) 수압제어 서보시스템의 제어에 관한 연구

작동압력이 10bar 에서부터 40bar 사이의 수압시스템을 LPWH(Low Pressure Water Hydraulic)시스템이라고 부른다. 이 범위에서 수압부품 소재에는 플라스틱 등 저비용의 재료를 이용할 수 있으므로 제조단가가 저렴해진다. 따라서 공압부품 수준의 가격대 구성이 가능해진다. 아울러 작동유체, 즉 물의 압축성이 낮으므로 공압보다는 제어성 면에서 유리하다. 본 연구실에서는 핀란드 탐페레 공과대학의 유공압 자동화연구소와 공동 협력을 통하여 LPWH분야의 연구를 진행하고 있다. 수압 비례제어밸브-실린더구동 시스템에서 위치추적제어를 위한 블록선도와 추적성능의 일부가 아래 그림에 나타나 있다.

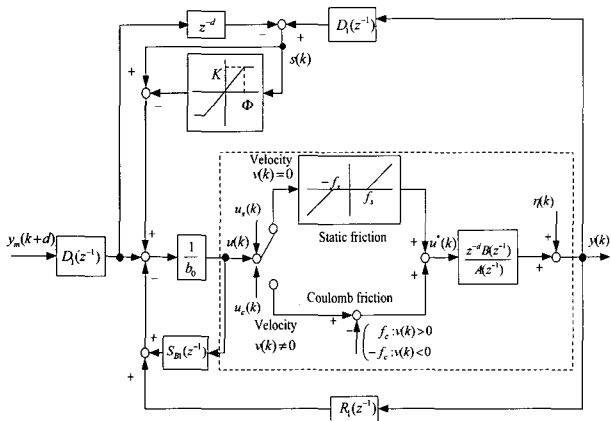


그림 6 슬라이딩모드 추적제어의 블록선도

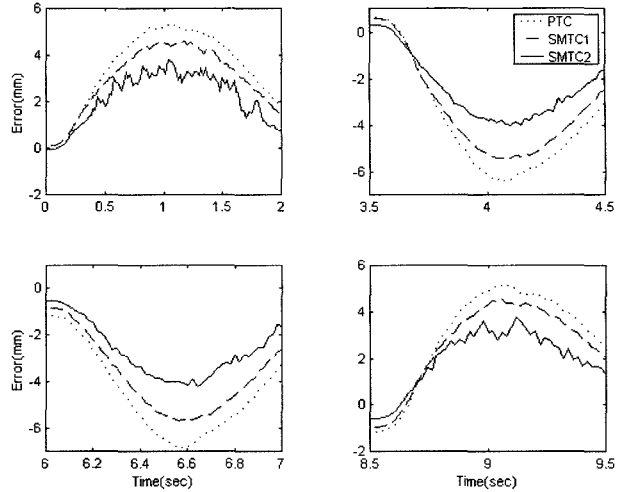


그림 7 위치추적 오차(Ps: 15bar, m: 100kg)

(3) 자율로봇틱 굴삭기에 관한 연구

유압굴삭기는 인간의 팔에 유사한 구조를 가지는 중부하 다관절 로봇이라 할 수 있으며, 주작업으로서 굴삭작업을 수행하는 장비이다. 굴삭작업은 운전자의 숙련된 기술을 필요로 하며 또한 상당한 피로와 위험을 수반한다. 특히 수평·수직 정지작업, 경사면의 굴삭작업 등과 같이 일정한 궤도를 따르는 반복적인 굴삭의 경우에는 정확한 궤적을 수행하기 어렵고 고도의 숙련과 집중력이 필요할 뿐만 아니라 숙련된 운전자라 할지라도 피로에 의해 작업능률이 저하된다. 따라서 굴삭작업의 고효율화, 작업환경 개선의 측면에서 굴삭작업의 부분적 자동화, 즉 반복되는 궤도굴삭의 경우에는 어느 정도 조작을 간략화하여 컴퓨터 입력에 의한 자동제어화를 행하는 것이 요망된다. 자율로봇틱 굴삭기를 구현하기 위하여는 기본적으로 굴삭작업계획(task planning), 주행(navigation) 그리고 제어(control)가 필요하다. 더욱이 굴삭기는 다양한 작동조건하에서 작동하여야 하므로 굴삭운동제어에서 견실한 성능은 매우 중요하다. 계획버킷선단(bucket tip)과 굴삭대상물질의 상호접촉과정과 유압시스템에 내재된 비선형효과를 고려하여 버킷선단 위치와 아울러 굴삭력을 견실제어(robust)하는 문제를 연구한다. 특히 굴삭작업 지형정보를 센싱(sensing)하여 굴삭작업계획을 세우고, 주행(navigation)하는 기법은 국제적인 협동연구를 통하여 정보를 교환한다.

(4) AC서보모터-유압펌프를 이용한 사출성형 클램프 실린더 제어에 관한 연구

사출성형기의 에너지절약형 구동장치로 AC서보모터-유압펌프 유닛의 정특성, 동특성을 규명한다.

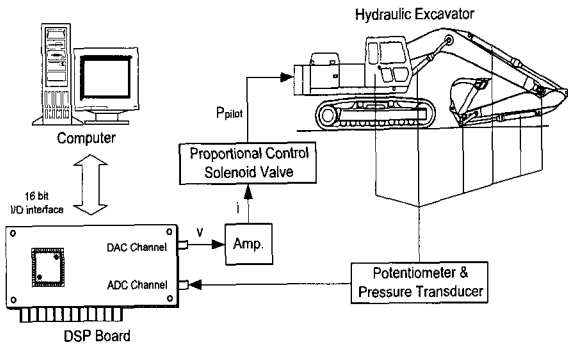


그림 8 굴삭기 제어시스템 구성도

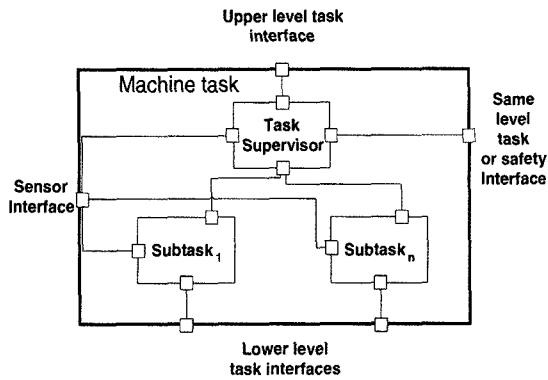


그림 9 굴삭기 작업계획의 기본구조

연구방법은 상용소프트웨어(ITI Simulation X)를 사용한 시뮬레이션 결과를 실험으로 검증한다. 사출 성형 액츄에이터 동력원으로서, 그림 10에 도시되어 있는 하이브리드 구성형태를 대상으로 장단점을 비교한다. 유압펌프 2개를 각각 실린더의 입구와 출구에 연결한 회로(그림 11 참조)에 대하여 지배방정식을 유도하고, 정특성 및 동특성을 시뮬레이션과 실험으로 규명한다.

AC서보모터-유압펌프 유닛의 속도제어를 이용하여 실린더를 구동하는 경우, 밸브제어 시스템과는 대조적으로 실린더 피스톤의 속도가 부하크기를 나타내는 부하압력과 펌프회전수의 함수로서 구성된다. 이에 대한 수학적 모델링을 수행하고 시뮬레이션에 이용한다. 그 과정에서 펌프 누설계수가 미치는 영향을 검토한다. 이 연구는 독일 드레스덴 공과대학의 유공압연구소와 공동협력을 통하여 수행된다.

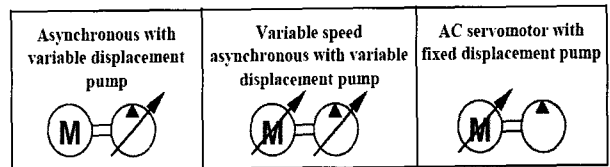


그림 10 전기모터-유압펌프 결합 방식

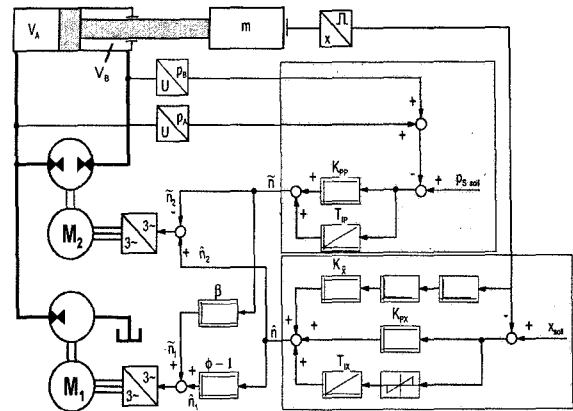


그림 11 실린더 위치와 압력의 동시제어